

**Tesis Monográfica Para Optar al Título de
Ingeniero Eléctrico**

Título:

**“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO PARA
EL MUNICIPIO DE WASPAN”.**

Autores:

- Br. Eduardo José Castillo Galeano 2003-19048
- Ing. Ernesto José Lira Rocha 2002-14588

Tutor:

Ing. Augusto Palacios

Managua, Julio 2019

Acrónimos

FVs:	Sistema's fotovoltaicos
KWh/día/m²:	kilowatt hora por día por metro cuadrado
Ah:	Amper-hora
MEM:	Ministerio de energía y minas
ENATREL	Empresa nacional de transmisión eléctrica
VAN:	Valor actual neto
TIR:	Tasa interna de retorno
CC:	Corriente continua
CA:	Corriente Alterna
LIE	Ley de la Industria Eléctrica
INE	Instituto Nicaragüense de Energía
SIN	Sistema de interconectado Nacional

Índices de Figuras

Figure 1: Localización del proyecto	5
Figura 2: Cobertura eléctrica por regiones	6
Figura 3: Ciclo de vida del proyecto	10
Figura 4: Formulación del proyecto	11
Figure 5: Elementos de un sistema fotovoltaico	13
Figura 6: Sistema fotovoltaico que entrega tensión continua	14
Figura 7: Sistema fotovoltaico que entrega tensión continua y alterna	15
Figure 8: Sistema fotovoltaico que entrega tensión continua, alterna	15
Figura 9: Sistema FV básico para uso doméstico	16
Figura 10: Mapa de radiación solar de Nicaragua	18

INDICE DE CONTENIDO

I. Introducción.....	1
II. Antecedentes.....	3
III. Justificación	4
IV. Objetivos del Estudio	5
4.1. Objetivo General	5
4.2. Objetivo Especifico	5
V. Marco Teórico.....	6
5.1. Que es un proyecto	6
5.2. Ciclo de vida del Proyecto	7
5.3. La Formulación del Proyecto	7
5.4. Indicadores de evaluación de un proyecto	8
5.5. Sistemas fotovoltaicos	9
5.6. Caracterización de la radiación solar.....	14
5.6.1 Radiación solar disponible en la RAAN.....	14
5.7. Ley de la Industria Eléctrica	16
5.7.1 Ley para la Promoción de Generación Eléctrica con Fuentes Renovables.....	20
VI. Metodología de la investigación.....	22
VII. Resultados del estudio técnico y análisis	24
VIII. Estudio financiero.....	29
IX. Estudio de impacto ambiental	37
1. Definición del área de influencia	37
2. Los factores del medio para la metodología de Milán.....	39
3. Análisis de la matriz de valoración de impactos negativos.....	41
4. Análisis de la matriz de importancia de impactos negativos.....	42
X. Conclusiones	44
XI. Bibliografía.....	45
XII. Anexos.....	46

I. Introducción

El presente estudio tiene como principal finalidad evaluar la prefactibilidad del uso de paneles solares fotovoltaicos en las familias de escasos recursos de sectores rurales de Waspam, río coco arriba.

El municipio de Waspam se encuentra en la zona de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), uno de los más grandes del país. La situación socioeconómica de este municipio tiene características de subdesarrollo y con un alto grado de pobreza.

Las circunstancias desfavorables de este municipio se ven agravadas por la falta de un servicio público de abastecimiento eléctrico a una gran parte de la población del mismo. Ello atenta, aún más, a las pocas posibilidades de desarrollo de las comunidades. Este problema debe ser solucionado.

Se pretende incorporar una alternativa para el diseño y cálculo de estos sistemas fotovoltaicos y de esta manera reemplazar la generación de energía a partir de combustibles fósiles como el diésel; minimizando así los impactos ambientales negativos que éstas producen.

En este estudio se propondrán soluciones, a nivel de prefactibilidad técnica, para las comunidades más aisladas y lejanas.

Las informaciones básicas del municipio para analizar las soluciones a la electrificación de estas comunidades, se apoyan en:

- Los estudios de planificación (PLANER 2014-2024) efectuados previamente al proyecto IDEPEZAN.
- La información específica en sitios sin cobertura eléctrica, tales como, geográfica, accesos a las comunidades, situación socioeconómica, etc.
- Las condiciones particulares de la población asentada en esos sitios, tales como, formación familiar, gastos en energía, servicios públicos existentes, etc.

Las distintas soluciones tecnológicas para su electrificación lo determinan, fundamentalmente, las condiciones de acceso a las comunidades.

Cuando las condiciones de acceso son complicadas, porque están muy alejadas o porque no es posible acceder por vía terrestre, las soluciones que se adaptan se circunscriben a pequeñas redes aisladas con generación de reducida escala o generación individual basada en energías solar o eólica. Este tipo de soluciones tecnológicas, específicamente generación individual fotovoltaica se abordará en este estudio.

En este proyecto se agrupan 6 comunidades con un total de 465 familias, que cuentan con la única opción inmediata de electrificación por medio de sistemas fotovoltaicos. Estas se localizan en la ribera sur del Río Coco, aguas bajo de la cabecera municipal de Waspam. La novedad en este estudio, se refiere a la propuesta de sostenibilidad de la solución seleccionada, la cual será desarrollada en el documento final. La eficiencia de las inversiones y la garantía de una continuidad del servicio público de abastecimiento eléctrico al poblador rural es el eje principal de la propuesta.

Localización del proyecto

En la siguiente figura se observa la ubicación geográfica, a nivel país, de la zona del proyecto. La zona en recuadro corresponde a dos proyectos fotovoltaicos “Río Coco Arriba” y “Río Coco Abajo”, localizados en la ribera sur (territorio de Nicaragua) del Río Coco. El proyecto que se desarrolla en este documento es el correspondiente Río Coco, aguas arriba de la ciudad de Waspam, el sector a la izquierda en la figura



Figura 1: Localización del proyecto

II. Antecedentes

Actualmente la red eléctrica nacional no brinda total cobertura a las regiones Atlántico Norte y Atlántico Sur del país. Es una solución común, al menos en comunidades o poblados aislados, utilizar plantas a base de diésel (operadas por DOSA) y de este modo solventar en alguna medida los requerimientos energéticos.

Gracias a proyectos gubernamentales y otras iniciativas de desarrollo algunas comunidades tienen viviendas electrificadas con paneles fotovoltaicos o redes de pequeñas hidroeléctricas, sin embargo, con problemas de sostenibilidad del servicio.

Según la planificación de electrificación en zonas aisladas de la red realizada por PLANER 2014-2024 se propone electrificar la Costa Caribe a partir del reforzamiento y ampliaciones de la red de alta tensión e integrar nuevas subestaciones alta/media tensión en el sistema interconectado. A partir de estas subestaciones desarrollar la red de media tensión.

En comunidades identificadas de difícil acceso a la red, se propone su electrificación por medios fotovoltaicos o híbridos.

Al año 2014 se cuenta con una cobertura eléctrica de la población a nivel país, de 79.1 %. Esta cobertura no es uniforme a nivel regional. La región de la Costa del Caribe es la de menor cobertura eléctrica. Las condiciones geográficas, desarrollos históricamente desequilibrados, limitaciones económicas del estado nicaragüense, son algunas de las causas del desigual crecimiento eléctrico entre regiones.

Figura 2: Cobertura eléctrica por regiones. Color verde engloba las regiones del RAAN, RAAS y el departamento de San Juan de Nicaragua



III. Justificación

Para la gran mayoría de los nicaragüenses, la electricidad es algo que siempre está disponible, se presiona un interruptor y algo se prende, se conecta un artefacto electrodoméstico y éste funciona, sin estar conscientes que detrás de estas simples acciones hay un largo camino, una gran infraestructura que puede ser afectada por factores climáticos, políticos, económicos o sociales.

La importancia del estudio se fundamenta en poder analizar la alternativa de generación eléctrica por paneles fotovoltaicos como una oportunidad de uso domiciliario e incluso escuelas o institutos nocturnos.

Se pretende realizar un estudio de caso que contemple el diseño y cálculo del sistema fotovoltaico para determinado consumo de potencia de diferentes aparatos eléctricos de uso escolar, principalmente la iluminación.

La pertinencia de este proyecto, radica en uno de los programas institucionales del Ministerio de energía y Minas (MEM) cuyo principal objetivo es la reducción en el consumo de energía eléctrica, de la red SIN y considerando que la energía solar fotovoltaica es una de las fuentes más prometedora de energía renovable en el mundo.

Además comparada con las fuentes no renovables, las ventajas son claras: no contamina, no tiene partes móviles que analizar y no requiere de mucho mantenimiento por lo que la integración de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en un hogar tendrá un impacto de gran relevancia en la disminución del consumo de energía eléctrica sin limitaciones en su uso y aplicación, ya que el hogar podrá generar su propia energía eléctrica de una forma segura y económica, lo que le permitirá solventar sus necesidades de consumo con sus propios medios.

Es importante destacar que esta experiencia impactara positivamente tanto en los estudiantes como en los docentes que desearan conocer y adentrarse en los estudios de generación eléctrica por paneles solares.

IV. Objetivos del Estudio

4.1. Objetivo General

- Realizar un estudio de prefactibilidad del proyecto fotovoltaico para el municipio de Waspam.

4.2 Objetivo Especifico

- Realizar el cálculo de la demanda en Kwh del sistema fotovoltaico a implementar según proyección.
- Elaborar los planos de los sistemas fotovoltaicos a proponer con su respectivo dimensionamiento.
- Realizar un estudio técnico y financiero que nos permita obtener indicadores de sensibilidad como la VAN y la TIR del proyecto para analizar su viabilidad.
- Realizar un estudio de impacto ambiental mediante la metodología de MILAN

V. Marco Teórico

5.1 Que es un proyecto

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. Temporal no necesariamente significa de corta duración. En general, esta cualidad no se aplica al producto, servicio o resultado creado por el proyecto; la mayor parte de los proyectos se emprenden para crear un resultado duradero.

Por ejemplo, un proyecto para construir un monumento nacional creará un resultado que se espera que perdure durante siglos. Por otra parte, los proyectos pueden tener impactos sociales, económicos y ambientales que durarán mucho más que los propios proyectos. [1]

Todo proyecto crea un producto, servicio o resultado único. Aunque puede haber elementos repetitivos en algunos entregables del proyecto, esta repetición no altera la unicidad fundamental del trabajo del proyecto.

Por ejemplo, los edificios de oficinas son construidos con materiales idénticos o similares, o por el mismo equipo, pero cada ubicación es única: con un diseño diferente, en circunstancias diferentes, por contratistas diferentes, etcétera. [1]

Aborda en forma explícita el problema de la asignación de recursos escasos en forma óptima. Recomendando al tomador de decisiones, a través de distintas metodologías, para determinar la conveniencia relativa de una acción o proyecto. [2]

5.2 Ciclo de vida del Proyecto

Desde hace algún tiempo se ve viene utilizando el término "**CICLO DEL PROYECTO**" para señalar las diferentes etapas que recorre el proyecto desde que se concibe la idea hasta que se materializa en una obra o acción concreta, estas etapas son: la "**preinversión**", la "**inversión**" o "**ejecución**" y la etapa de "**funcionamiento**" u "**operación**", y lo que se suele denominar como la "**evaluación ex-post**" a la que le dedicaremos algunas líneas más adelante.[3]

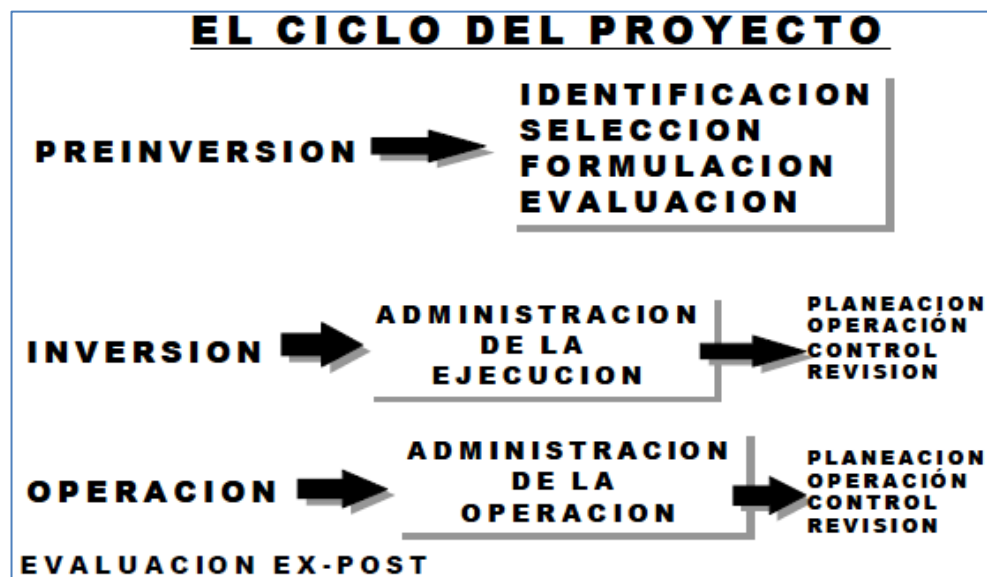


Figura 3 : ciclo de vida del proyecto

5.3 La Formulación del Proyecto

La etapa de formulación o preinversión permite clarificar los objetivos del proyecto y analizar en detalle las partes que lo componen. Dependiendo de los niveles de profundización de los diferentes aspectos, se suelen denominar los estudios como: "**identificación de la idea**", "**perfil preliminar**", "**estudio de prefactibilidad**", "**estudio de factibilidad**" y "**diseño definitivo**"; en cada uno de los cuales se examina la viabilidad técnica, económica, financiera, institucional y ambiental y la conveniencia social de la propuesta de inversión.[3]

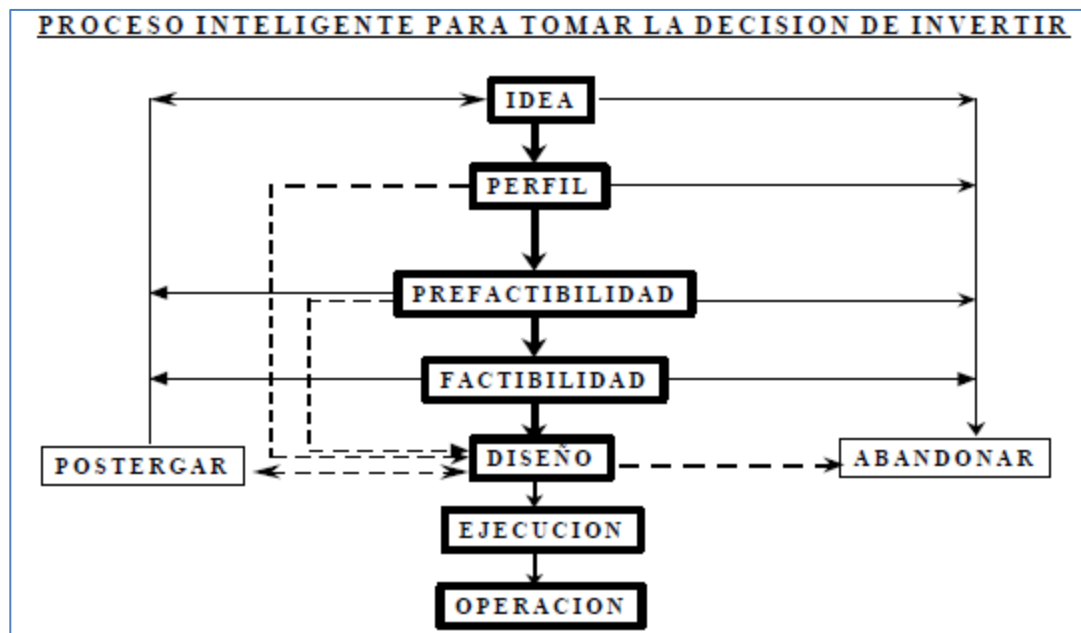


Figura 4: formulacion del proyecto

5.4 Indicadores de evaluación de un proyecto

Los indicadores de evaluación son instrumentos que permiten medir la progresión hacia las metas propuestas. Si no existieran, toda evaluación seria que se proponga realizar sería casi inútil o poco viable. [2]

Los indicadores permiten efectuar una evaluación adecuada teniendo en cuenta los objetivos propuestos y las realizaciones concretas. Por otra parte, si los indicadores no se establecen durante la fase de diseño del proyecto habrá que reconstruirlos posteriormente en la evaluación, probablemente con menos fiabilidad.:

Algunos indicadores de evaluación que se pueden mencionar son:

VAN (Valor Actual Neto): Mide la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión, para ello calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja, proyectados a partir del primer periodo de operación, y le resta la inversión total expresada en el momento 0. [2]

Formula

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Tasa Interna de Retorno (TIR): Mide la rentabilidad como porcentaje. Es la tasa a la cual el VAN llega a un valor de cero. El valor resultante de esta operación debe ser comparado con la tasa de interés pagada por el proyecto, donde la TIR debe ser naturalmente mayor.

$$\sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t} + I_0$$

Relación Costo Beneficio (B/C): Esta relación debe ser naturalmente mayor que uno. La suma de los beneficios dividida entre los costos asumidos indica cuantas veces ha aumentado la riqueza o el bienestar.

Para interpretar este indicador debemos recordar que existen muchos beneficios indirectos que no se incluyen en esta formulación matemática, pero que representan beneficios tanto al sector doméstico como productivo. [2]

5.5 Sistemas fotovoltaicos

El Instituto para la diversidad y ahorro de la energía, define a los sistemas Fovoltavicos como un conjunto de elementos capaces de suministrar electricidad para cubrir las necesidades planteadas, a partir de la energía solar. [4]

Sostiene también que un Sistema Fovoltavico (SFV), consiste en la integración de varios componentes que, con una o más s funciones específicas, pueden suplir la demanda eléctrica impuesta por la carga, usando como combustible la energía solar.

Los sistemas fovoltavicos están conformados de los siguientes componentes [4]:

- *El generador fotovoltaico o campo de paneles:* es el elemento captador de energía, que recoge la radiación solar y la transforma en energía eléctrica. Está formado por un conjunto de paneles o módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o paralelo, que deben proporcionar la energía necesaria para el consumo.
- *El regulador de carga:* el regulador de carga asegura que la batería funcione en condiciones apropiadas, evitando la sobrecarga y sobre descarga de la misma, fenómenos ambos muy perjudiciales para la vida de la batería.
- *La batería:* se encarga de almacenar parte de la energía producida por los paneles (la que no se consume inmediatamente) para disponer de ella en periodos de baja o nula irradiación solar.
- *El inversor:* es el encargado de convertir la electricidad continua que produce el conjunto paneles-baterías en tensión de alimentación acta para la carga. Existen dos tipos de inversores: los de continua-alterna (DC/AC) y los inversores continua (CC/CC).

Estos componentes del Sistema FV se conforman por bloques de: generación, acumulación, monitoreo, cableado y carga (ver figura). [4]

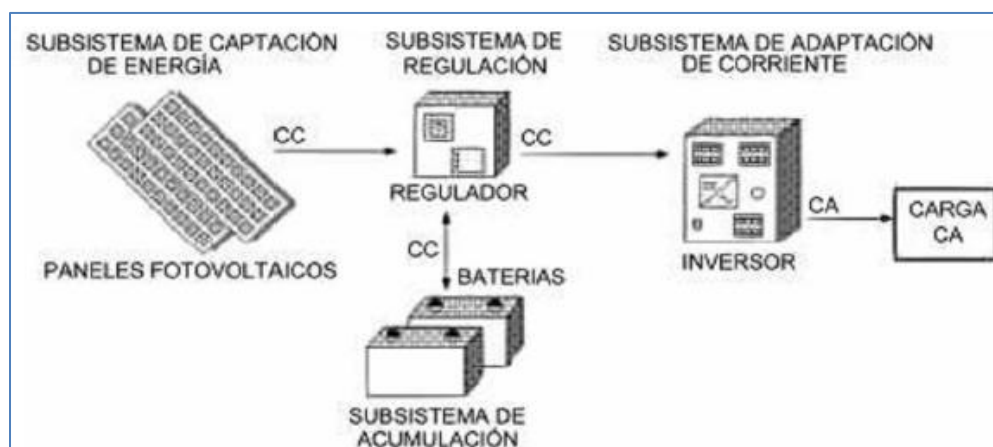


Figura 5: Elementos de un sistema fotovoltaico

Un sistema FV consiste en la integración de varios componentes, cada uno de ellos cumpliendo con una o más funciones específicas, a fin de que éste pueda suplir la demanda de energía eléctrica impuesta por el tipo de carga, usando como combustible la energía solar.

La definición anterior deja claramente establecido que la carga eléctrica determina el tipo de componentes que deberán utilizarse en el sistema. La completa definición de la carga debe tener en cuenta tres características que la definen: el tipo, el valor energético y el régimen de uso.[5]

Los Sistemas Fotovoltaicos (SFV) transforman la radiación solar en energía eléctrica permitiendo abastecer una amplia variedad de consumos. La energía excedente producida durante las horas y días de mayor insolación es acumulada en baterías, ver figura. La energía acumulada permite abastecer los consumos durante la noche y durante los días nublados. [4]

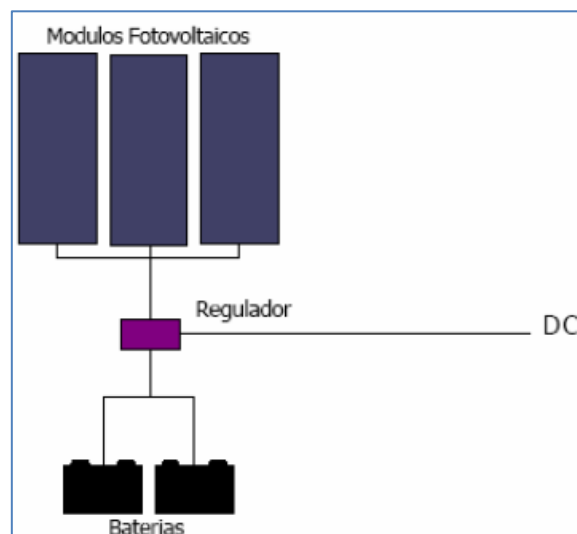


Figura 6: Sistema fotovoltaico que entrega tensión continua

Los SFV generan energía eléctrica en corriente continua. Si se deben abastecer consumos de corriente alterna, es necesario intercalar un inversor de CC/CA entre las baterías y dichos consumos, ver figura. [4]

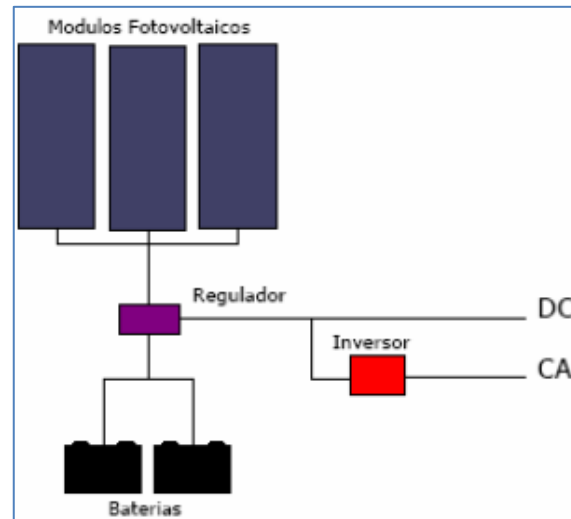
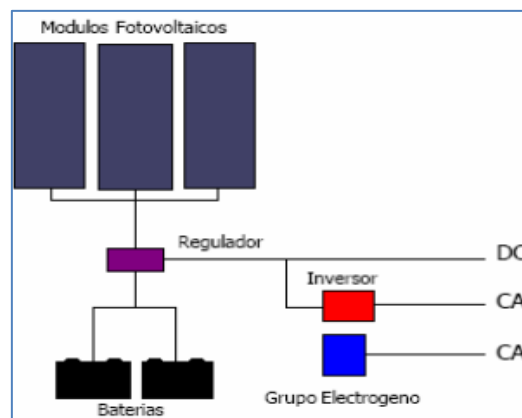


Figura 7: Sistema fotovoltaico que entrega tensión continua y alterna

La capacidad de generación de un SFV depende de su tamaño y del recurso solar disponible en el lugar de su instalación. Los SFV se diseñan de tal manera que la energía que deben generar debe ser equivalente a la requerida por los consumos conectados. En la mayoría de los casos el cálculo debe realizarse para el mes de peor nivel de insolación (invierno). [4]

Cuando los consumos son relativamente altos los sistemas fotovoltaicos son combinados con otras fuentes de energía eléctrica (generadores Diesel, eólicos, termo generadores, etc.), formando lo que se denomina un Sistema Híbrido, ver figura. [4]

Figura 8: Sistema Fotovoltaico que entrega tensión continua, alterna



TIPOS DE CARGA

Existen tres tipos de cargas: CC, CA, y mixta (CC y CA). Cuando la carga tiene aparatos de CA, se necesitará incorporar al sistema un inversor. Este componente transforma el voltaje de CC proporcionado por los paneles en un voltaje de CA. Las pérdidas de energía en estos sistemas es mayor que la de los de CC. [5]

SISTEMA FV PARA USO DOMESTICO

La aplicación más común para un sistema FV es la generación de energía eléctrica para uso doméstico. Por ello analizaremos, a continuación, un sistema de este tipo, con régimen nocturno o mixto. El análisis, por el momento, es sólo cualitativo, ya que nuestro interés es el de identificar los diferentes bloques que forman parte de este sistema. Usaremos como referencia el circuito de la Figura. En ella, cada bloque funcional está separado por una línea transversal. Un bloque que no es obvio es el Cableado de interconexión, el que está distribuido en todo el sistema. [5]

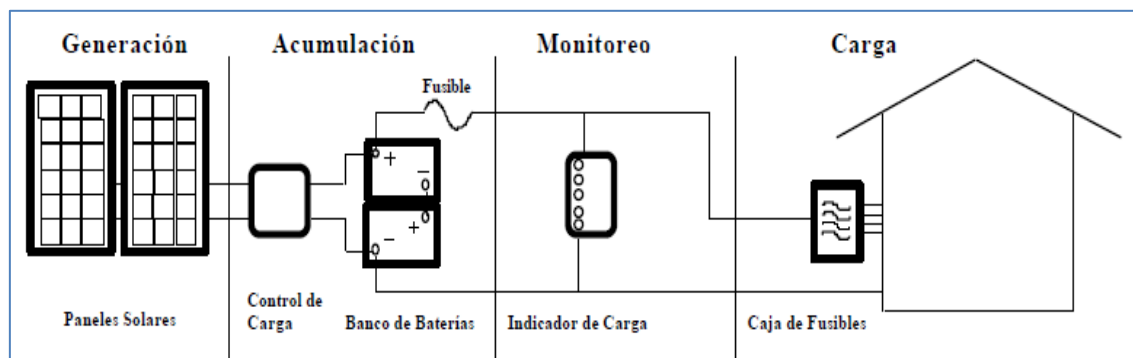


Figura 9 : Sistema FV básico para uso doméstico

5.6 Caracterización de la radiación solar

La radiación solar viene dada en unidades de energía (kWh/m^2 . día), lo cual mide la cantidad de energía en kWh que se irradia en un metro cuadrado de superficie plana en posición horizontal durante un día

El promedio anual de incidencia solar en Nicaragua está entre 4.5 y 5.5 Kwh / m^2 por día (mapa de energía solar incidente diaria – SWERA -UNEP).

Sin embargo, durante los meses de febrero, mayo y agosto esta incidencia podría fluctuar entre 4.5 y 5 Kwh / m^2 . [6].

5.6.1 Radiación solar disponible en la RAAN

Se estima que la RAAN recibe cotas promedio de radiación solar diaria durante el año de 4.43 kWh/m^2 . día [6].

La radiación solar es el parámetro más importante en los análisis y cálculos realizados para dimensionar sistemas fotovoltaicos. Estos valores varían estacionalmente por lo cual para efectos de cálculo se recomienda un valor de la radiación promedio del mes con menor incidencia de radiación solar, de esta forma los sistemas dimensionados no carecerán de capacidad de generación para suplir los requerimientos de consumo durante el resto del año cuando la radiación solar es típicamente mayor. [6].

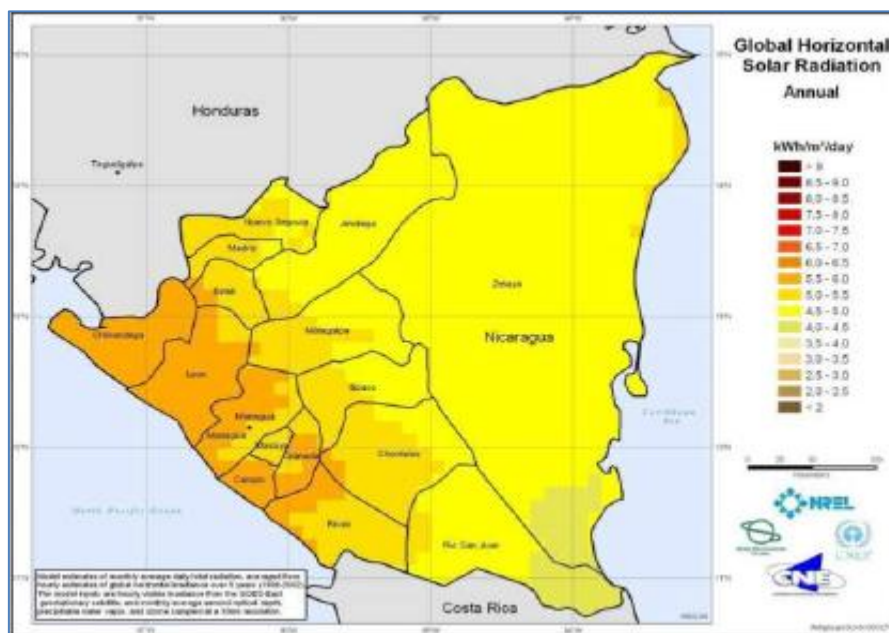
Para realizar los cálculos se considera que el consumo eléctrico de una vivienda que será electrificada con módulos fotovoltaicos se mantiene constante⁶ a lo largo de todos los meses del año a fin de efectuar un cálculo de relación consumo/radiación en cada mes. La mayor magnitud en relación buscada se obtiene del mes con menor radiación solar, a partir de este valor se establece la potencia mínima⁷ requerida por el sistema fotovoltaico para cubrir el consumo de la vivienda durante el mes de menor radiación solar y consecuentemente durante el resto de los meses del año. [6].

Los valores de radiación solar en la zona se ven influenciados en su modificación de rangos a lo largo del año por factores tales como las estaciones, la pluviosidad, la humedad ambiental, la nubosidad.

La Figura muestra el mapa de Nicaragua con la radiación solar global percibida en el plano horizontal. El mapa fue elaborado con el estudio y mapeo solar realizado bajo la coordinación del Instituto Nicaragüense de Energía (INE) a través del proyecto de investigación “Mapeo Solar en Nicaragua” en conjunto con la fundación sueca Swedish Agency for Research- Cooperation with Developing Countries (SAREC) y el Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI). [8].

En el mapa se puede percibir la diferencia entre capacidades de captación solar entre el Pacífico y la zona del Atlántico de país. Condiciones climatológicas presentes en la costa caribe tales como la nubosidad y los regímenes de lluvias intensos reducen la cantidad de radiación que llega a su espacio de superficie terrestre.

Figura 10: Mapa de radiación solar de Nicaragua



A partir de la interpretación y análisis del gráfico previo se considera los siguientes aspectos importantes para el diseño y dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos en Waspam.

La radiación solar promedio anual recibida en la R.A.A. N es *4,43 kWh/m². día* aproximadamente 14% menor que la recibida en el Pacífico y Centro del país.

El mes con menos radiación solar en la R.A.A. N es diciembre, con una radiación solar promedio de *3,6 kWh/m². día*. La R.A.A.N es la zona del país que recibe menor radiación solar al año.

5.7 Ley de la Industria Eléctrica

El sector energético de Nicaragua se rige por la ley 272 Ley de la Industria Eléctrica (LIE). Esta ley establece el régimen legal sobre las actividades de la industria eléctrica, que comprenden: generación, transmisión, distribución, comercialización, importación y exportación de la energía eléctrica.

Los agentes económicos que se dediquen a las actividades de transmisión y distribución de energía eléctrica están regulados por el estado; los que se dediquen a la generación de electricidad realizarán sus operaciones en un contexto de libre competencia, sin embargo, bajo las condiciones de operación del Centro Nacional de Despacho de Carga. La actividad de control y regulación está a cargo del Instituto Nicaragüense de Energía (INE), y lo establece la LIE en su artículo 7.

Los grandes lineamientos de esta ley, son: [9]

De la generación eléctrica:

La generación de energía eléctrica consiste en la producción de electricidad mediante el aprovechamiento y transformación de cualquier fuente energética. La generación se rige a través de los artículos del 21 al 26 de la LIE, en ellos, se establece lo siguiente:

-
- Los agentes económicos dedicados a la actividad de generación de energía, podrán suscribir contratos de compra-venta de energía eléctrica con distribuidores y con grandes consumidores, así mismo podrán vender total o parcialmente su producción en el mercado de ocasión y exportar energía eléctrica.
 - Los agentes económicos para desarrollar sus proyectos de generación, deberán considerar como base el Plan de Expansión indicativo elaborado por el Ministerio de Energía y Minas.
 - Cualquier agente económico podrá conectar sus instalaciones de generación eléctrica al SIN, previo cumplimiento de las normas técnicas establecidas. La operación de las centrales generadoras conectadas al SIN, se regirá por el Reglamento de Operación.

Las reglamentaciones de estos artículos, generan el marco legal para su licencia, desarrollo, conexión, operación y comercialización.

De la transmisión eléctrica:

La LIE a través de sus artículos del 27 al 30, establece lo correspondiente a transmisión:

- Es responsabilidad de la Empresa de Transmisión, el cumplimiento del Plan de Expansión necesario para atender mayores niveles de generación eléctrica. La Empresa de Transmisión propietaria del Sistema Nacional de Transmisión será de propiedad estatal.
- La operación de los sistemas de transmisión se hará en forma confiable y eficiente y se regirá por la Normativa de Operación. Cualquier expansión del sistema de transmisión, que fuere requerido u ocasionado por cualquier usuario, podrá ser financiado por el interesado en coordinación con la empresa estatal de transmisión, de acuerdo al Reglamento de la presente Ley y sus Normativas específicas.

-
- Los agentes económicos dedicados a la actividad de transmisión no podrán comprar y/o vender energía eléctrica.
 - Los agentes económicos propietarios de líneas y demás elementos de un sistema de transmisión están obligados a permitir la conexión a sus instalaciones, a los demás agentes económicos y grandes consumidores que lo soliciten, previo cumplimiento de las normas que rigen el servicio y el pago de las retribuciones que correspondan.

Las reglamentaciones de estos artículos, generan el marco legal para su licencia, desarrollo, conexión, operación y comercialización. [9]

De la distribución eléctrica:

En los artículos del 31 al 54 de la LIE, se establece lo correspondiente a la distribución de energía eléctrica:

- En los Sistemas Aislados, los distribuidores podrán ejercer integradamente las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización, debiendo tener la capacidad de generación necesaria para abastecer su demanda, mediante centrales eléctricas propias o contratos de suministro con terceros.
- Los Sistemas Aislados estarán obligados a interconectarse al SIN cuando el Ministerio de Energía y Minas lo exija por causa de utilidad pública o conveniencia económica y deberán adecuar su organización, funcionamiento y estructura a las disposiciones de la presente Ley, en un plazo no mayor de doce meses a partir de la fecha de conexión al Sistema Interconectado Nacional.
- Los agentes económicos dedicados a la actividad de distribución podrán suscribir contratos de compra-venta de energía eléctrica con generadores y con grandes consumidores, asimismo, podrán comprar en el mercado de ocasión e importar energía eléctrica.

-
- Los distribuidores son responsables de la ejecución, operación y mantenimiento de sus instalaciones eléctricas hasta el punto de conexión de sus líneas al sistema del cliente.
 - El Estado podrá otorgar recursos financieros a los distribuidores para costear total o parcialmente la inversión de proyectos de electrificación que no mostraren niveles de rentabilidad adecuados en poblaciones menores o en áreas rurales y que no estén contemplados en su programa de inversiones, dentro de sus áreas de concesión o cercanas a ellas.

Lo anterior es específicamente para los sectores interconectados a través del “Sistema Interconectado Nacional” (SIN). [9]

Las reglamentaciones de estos artículos, generan el marco legal para su licencia, desarrollo, conexión, operación y comercialización.

De la electrificación rural:

Referente al marco legal del sector eléctrico para el desarrollo de la electrificación rural del país, se destacan los siguientes aspectos basados de las leyes 272, 583,746, decreto 9-2006 y decreto 46-94:

- El Estado por medio del Ministerio de Energía y Minas, tiene la responsabilidad de desarrollar la electrificación en el área rural y en las poblaciones menores donde no se ha desarrollado interés de participar de parte de cualquiera de los agentes económicos que se dediquen a las actividades de la industria eléctrica.
- Se crea la Dirección Operativa de Sistemas Aislados (DOSAI), con el objeto de fortalecer la operación y administración de los sistemas aislados que opera ENEL en los territorios otorgados o no en concesión por el MEM.
- Se crea el Fondo para el Desarrollo de la Industria Eléctrica Nacional (FODIEN), que sirve para financiar proyectos de electrificación rural y deberá ser reglamentado por el MEM.
- Se crea a través de la ley 583, la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica

(ENATREL), quien puede participar en la constitución y creación de empresas nacionales y extranjeras de derecho público, privado o mixto, a través de las cuales puede brindar el servicio público de abastecimiento de energía a las poblaciones rurales. [9]

5.7.1 Ley para la Promoción de Generación Eléctrica con Fuentes Renovables

En Nicaragua el sector energético renovable, se rige a través de la ley 532, Ley para la Promoción de Generación Eléctrica con Fuentes Renovables. Esta tiene por objeto promover el desarrollo de nuevos proyectos de generación eléctrica con fuentes renovables y de proyectos que realicen ampliaciones a la capacidad instalada de generación con fuentes renovables y que se encuentren actualmente en operación. Se establecen incentivos fiscales, económicos y financieros que contribuyan a dicho desarrollo, dentro de un marco de aprovechamiento sostenible de los recursos energéticos renovables.

Los nuevos proyectos y las ampliaciones que clasifiquen como proyecto de generación de energía con fuentes renovables de acuerdo a la ley 532, realizados por personas naturales y jurídicas, privadas, públicas o mixtas gozarán de los siguientes incentivos según el artículo 7 de esta ley:

- a. Exoneración del pago de los Derechos Arancelarios de Importación (DAI), en el caso de los proyectos denominados “Sistemas Aislados con Generación Propia”. Esta exoneración cubre sus labores de pre-inversión, las labores de construcción de las obras para generación con fuentes renovables y las de la construcción de las líneas de sub-transmisión y todas las inversiones en distribución asociadas al proyecto, los paneles y baterías solares para generación de energía solar.
- b. Exoneración del pago del Impuesto al Valor Agregado (IVA), sobre la compra de paneles y baterías solares.
- c. Exoneración del pago del Impuesto sobre la Renta (IR), y del pago mínimo definido del IR establecido en la Ley 453, Ley de Equidad Fiscal, por un período

máximo de 7 años a partir de la entrada de operación comercial o mercantil del Proyecto. Igualmente, durante este mismo período estarán exentos del pago del IR los ingresos derivados por venta de bonos de dióxido de carbono.

- d. Exoneración de todos los Impuestos municipales vigentes sobre bienes inmuebles, ventas, matriculas durante la construcción del proyecto, por un período de 10 años a partir de la entrada en operación comercial del proyecto, la que se aplicará de la siguiente forma: Exoneración del 75% en los tres primeros años, del 50% en los siguientes cinco años y el 25% en los dos últimos años.
- e. Exoneración de todos los impuestos que pudieran existir por explotación de riquezas naturales por un período máximo de 5 años después del inicio de operación.
- f. Exoneración del Impuesto de Timbres Fiscales (ITF) que pueda causar la construcción u operación del proyecto o ampliación por un período de 10 años.

[9]

VI. Metodología de la investigación

Para alcanzar los objetivos propuestos en este proyecto, se ha debido establecer una metodología cuantitativa, que permita reunir información fidedigna para tomar decisiones fundada en elementos reales, para ello se elaboró una encuesta que se aplicó en terreno y que tiene por objetivo conocer la demanda de los potenciales clientes (estudio del mercado consumidor), que consistirá en requerir la proyección sobre la cantidad de Kwh/día que consumirán. La metodología que se utilizará para este estudio es la investigación de campo e investigación cuantitativa.

Para tener un punto de comparación, se solicitará a empresas de servicios eléctricos de sectores cercanos (mercado proveedor y distribuidor), la información del consumo promedio anual en cuanto a precio y consumo.

El Modelo propuesto a seguir es un elemento que se destaca en esta metodología, su carácter participativo e inclusivo, puesto que recupera las percepciones de todos los actores (usuarios en general, instituciones, ONG, etc.).

En primer lugar, se realizará una búsqueda bibliográfica acerca de temas y libros referentes a sistemas fotovoltaicos.

Para el desarrollo del presente proyecto se tendrán en cuenta los siguientes pasos a seguir en el orden establecido, esta planificación del trabajo ayuda a tener un orden de tareas y asegura el éxito del proyecto si se cumplen.

- Visitas y análisis de la situación socioeconómica a los sitios propuestos para aprovechar la tecnología fotovoltaica
- Comparación con el régimen de consumo presentado en proyectos exitosos con sistemas fotovoltaicos realizados previamente por el gobierno en comunidades similares a las estudiadas por IDEPEZAN.
- Datos recolectados y registrados en estudios previamente realizados en la zona como PLANER 2014-2024.

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Procedimiento simplificado:

- Determinar la radiación disponible.
- Determinar el consumo por día. Sea este a corriente continua o alterna.
- Determinar el tamaño del campo de captación (la potencia de generación requería).
- Determinar el tamaño del sistema de acumulación.
- Determinar el tamaño del regulador.
- Determinar el tamaño del inversor (si fuera necesario).
- Determinar las características del cableado.

Las fuentes utilizadas para la recolección de información necesarias para el desarrollo del trabajo son los que se describen a continuación:

1. Fuentes primarias

- a. Libros, revistas especializadas, foros, web de empresa de seguridad electrónico e Internet.
- b. Diseño instrumental y realización de la fase de campo

A partir del eje de evaluación, el equipo de trabajo diseñó los instrumentos metodológicos para la consulta en las comunidades. Con el fin de recopilar los antecedentes necesarios para generar el análisis de la factibilidad, materia de esta investigación, se elaboró una encuesta con preguntas abiertas y cerradas que se aplicó en terreno a las familias seleccionadas (mercado consumidor).

Finalizada la fase de campo se completará el periodo de recepción, ordenamiento, procesamiento y análisis de la información primaria y secundaria, así como la redacción preliminar de los resultados del diseño del sistema: donde se determinará el dimensionamiento del mismo para satisfacer los requerimientos. Toda la información recopilada una vez analizada servirá para la elaboración del reporte final de la propuesta.

VII. Resultados del estudio técnico y análisis

A. Aspectos técnicos.

Aspectos técnicos propios del sistema fotovoltaico aplicados en la zona del Caribe de Nicaragua.

- a) Consumo moderado en viviendas y en usos comunitarios.
- b) Recurso energético disponible. La mínima radiación presentada durante el año es de 3.6 kWh/m². día y de promedio es 4.4 kWh/m². día.
- c) Sistemas de uso aislado.
- d) Los sistemas pueden trabajar con tres días de autonomía, por tanto, se implementan sistemas de acumulación.
- e) La temperatura ambiental considerada es de 27 grados Celsius.
- f) Estandarización de los sistemas con el uso de corriente alterna, tensión de salida al inversor de 120 V a 60 Hz.

B. Sistemas seleccionados

De acuerdo a los criterios establecidos, se definieron las siguientes demandas de potencia

1. Servicio domiciliario:

- SDF-1: Sistema Domiciliar Fovoltavico 2. Sistemas para viviendas de consumo medio, 150 Wp, con un promedio de 5 personas por vivienda y capacidad de pago entre C\$ 101 y C\$ 200.
- SDF-2: Sistema Domiciliar Fovoltavico 3 Sistemas para viviendas de consumo estándar, 200 Wp, con un promedio de 7 personas o más por vivienda y capacidad de pago de más de C\$201.

C. Resumen técnico de la selección de sistemas

En la tabla siguiente se encuentra un resumen de las características generales para el desarrollo de la ingeniería del sistema de generación

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
RADIACIÓN SOLAR	
Radiación solar promedio	4,43 kWh/m ² .día
Radiación solar mínima	3,6 kWh/m ² .día
Mes con mayor radiación solar	Marzo
Mes con menor radiación solar	Diciembre
REGIMEN DE CONSUMO	
Demandas potenciales	
Vivienda de consumo bajo	100W
Vivienda de consumo medio	150W
Vivienda de consumo estándar	200W
Uso comercial	400W
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Usos comunitario consumo medio	600W
Uso comunitario consumo alto	800W
Horas de consumo diario aproximado	V: 12hrs/U.C:24hrs
Horas de máximo consumo	6:00-9:00 pm
SISTEMAS	
Tipo de sistema	Aislado/AC/Con acumulación
Voltaje y Frecuencia de consumo	110V/60Hz
Días de autonomía propuestos	3 días
VIDA ÚTIL DEL SISTEMA	
Vida útil del sistema	10 años
Vida útil de paneles	20-25 años
Vida útil de baterías	3-4 años
Vida útil de inversor	3-5 años
Vida útil de regulador	3-5 años

D. Descripción del sistema propuesto

Se propone dimensionar un total de 2 sistemas domiciliarios (150 y 200 Wp). Todos los sistemas fueron diseñados para suministrar corriente alterna y facilitar a los usuarios la adquisición de equipos y luminarias adecuadas

Los sistemas individuales fotovoltaicos propuestos se componen de los siguientes elementos básicos: panel fotovoltaico, regulador, baterías e inversor.

Descripción de sistemas fotovoltaicos individuales propuestos.

Descripción	Panel	Inversor	Regulador	Baterías
Viviendas consumo medio	150 Wp	200 W	14 A	1,230Wh/100Ah/12 V/PD 0.7
Viviendas consumo estándar	200 Wp	200 W	16 A	1,500Wh/120Ah/24 V/PD 0.7

Típicamente los segmentos donde los cables tienen secciones diferentes son:

Cableado de conexión entre módulos y del módulo al regulador y del regulador a las baterías.

- Cableado de conexión entre la batería y el inversor.
- Cableado para la red a corriente continua.
- Cableado para la red a corriente alterna.

Para los sistemas fotovoltaicos propuestos se ha considerado una distancia entre módulo y regulador, del regulador a la batería de 15mts y entre el regulador y las cargas de 10mts.

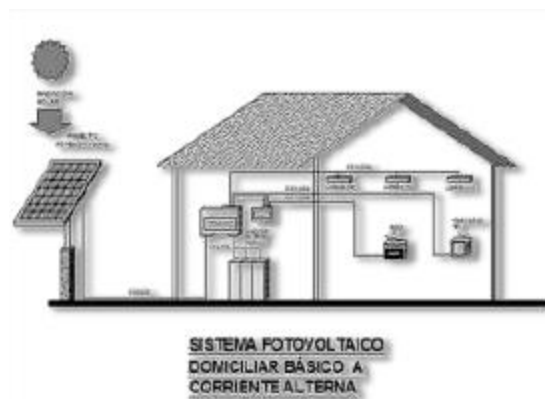
Proyección de la demanda anual en Kwh/mes

capacidad del panel	Horas promedio/día	días/año	kwh/año	Kwh/mes
150	5	365	273.75	22.8125
200	5	365	365	30.41666667

Materiales del sistema fotovoltaico propuesto, aunque la cantidad de materiales va a depender del tipo de sistema fotovoltaico a instalar

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total US\$
Materiales Esquema Básico				
Panel de 2 espacios C-H o similar y accesorios, 120/240 v 70 A	1.00	Unid.	8.58	8.58
Breakers de 15 Amperios 1 Polo C-H o similar	1.00	Unid.	4.75	4.75
Varilla de Cobre Galvanizado de 5/8"x 4' para varilla polo a tierra	1.00	Unid.	9.37	9.37
Conector de Cobre para varilla 5/8"	1.00	Unid.	3.00	3.00
Tomacorriente doble, polarizado, superficial, 120 V , 15 A	1.00	Unid.	1.32	1.32
Apagador superficial sencillo (Ticino)	1.00	Unid.	0.91	0.91
Cepo plástico (Ticino / Eagle)	1.00	Unid.	0.97	0.97
Lámpara Compacta de Alta Eficiencia 15 Watt	1.00	Unid.	1.10	1.10
Grapas plásticas TSJ 3x12 y 2x12	1.00	Unid.	0.10	0.10
Cable Triplex TSJ 3x12	1.00	m	0.96	0.96
Cable Dúplex TSJ 2x12	1.00	m	0.73	0.73
Cable Dúplex TSJ 2x8	1.00	m	2.89	2.89
Alambre de cobre solido forrado # 8 THHN	1.00	m	0.44	0.44
Conector Romex Ø 1/2"	1.00	Unid.	0.58	0.58
Caja de Derivación Rectangular UL 2x4x1/2", con tapa ciega	1.00	Unid.	1.20	1.20
Conectores Wire Nut	1.00	Unid.	0.43	0.43

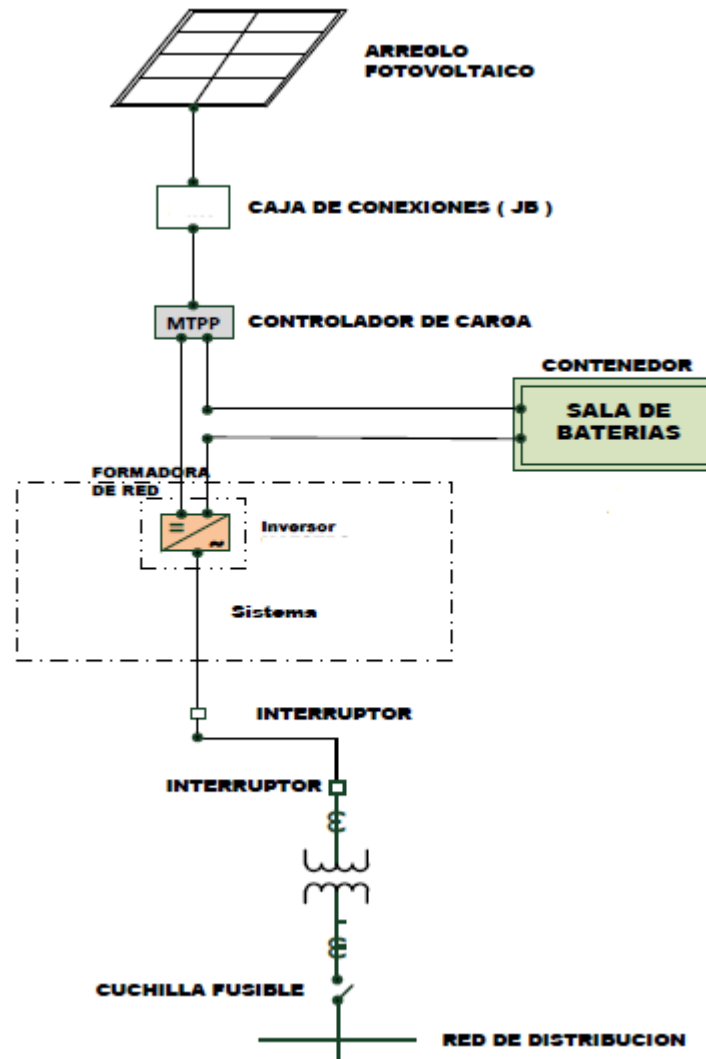
E. Diseño de sistemas fotovoltaicos propuestos



Sistema fotovoltaico Domiciliar Básico

Básico ac: 110wp, 120vac equipamiento posible: 3 lamp/1rad/1tv

F. DISEÑO DEL PLANO



VIII. Estudio financiero

A. Inversión y financiamiento

La inversión requerida para la instalación de sistemas fotovoltaicos individuales en comunidades de “Río Coco Arriba” en el municipio de Waspam es de US\$ 515,229, de los cuales se propone un porcentaje de 86% sería de préstamo (443,096.94) y 14% (72,132.06) de monto total financiado por el gobierno central. Se pretende que todo sea administrado por el gobierno central a través de ENEL, responsable de energizar zonas fuera del SIN (Sistema interconectado Nacional)

Las principales inversiones son:

- i. Clientes domiciliarios con categoría TDF-1, de acuerdo a las encuestas aplicadas esta categoría tiene un número de clientes (148).
- ii. Clientes domiciliarios con categoría TDF-2, con una cantidad de clientes (317).

Cantidad de familias por comunidades que se beneficiarían del proyecto

Categoría	TDF1	TDF2
Potencia instalada	150	200
Clientes Totales	148	317
Siksa Yari	94	98
Linda Vista	11	26
Andris Tara	10	27
Yahbra Tingni	21	68
Karrizal	12	36
Santa Isabel	0	62

Se han efectuado encuestas para determinar la capacidad de pago basado en los medios alternativos de iluminación y comunicación utilizados en la actualidad. ver anexo A

Capacidad de pago [C\$]	Porcentaje (%) de viviendas por capacidad de pago	Distribución de viviendas por capacidad de pago
0 a 100	5%	10
101 a 200	45%	94
201 a mas	50%	105

Tabla: Demanda por capacidad de pago

La capacidad de pago determina la tarifa, asociada a la demanda de potencia instalada que podría pagar. Se han diseñado y calculado financieramente, tarifas residenciales.

El cálculo de la tarifa considera los costos de mantenimiento y reposición de equipos, costos de comercialización y administrativos.

La tarifa recomendada, no tiene en cuenta la amortización de la inversión inicial, esta inversión estaría a cargo del Estado Nacional.

En estos casos la tarifa podría ser pagada totalmente por el usuario sin necesidad de un subsidio adicional. Esto se deduce porque la voluntad de pago del habitante encuestado, para una alternativa fotovoltaica, es marcadamente superior al gasto que se realiza por las actuales alternativas (velas, kerosene, etc.).

El cuadro tarifario es el que se observa en la tabla siguiente, donde:

- TDF (tarifa domiciliar 1 y 2)

Tarifas sin amortización del equipamiento		
Categoría	TDF-2	TDF-3
Potencia Instalada Wp	150	200
Tarifa Plena (US\$)	15.45	20.88
Energía Equivalente consumida kWh	16.36	21.24
Tarifa al usuario (US\$)	4.35	5.65
Recurso Propio		
Costos adicionales por el servicio (US\$) (subsidio)	11.09	15.22

Tabla: Valores tarifario para cada potencia instalada

Nota: La base de los costos surge considerando una empresa de servicios creada exclusivamente para efectuar el mantenimiento, reposición, comercialización, etc. Si se considera una empresa ya establecida, los costos podrían optimizarse, lo cual tendría un impacto en la reducción de tarifas.

B. Sostenibilidad

La sostenibilidad será garantizada por el estado nacional de acuerdo a la Ley 272 que en su artículo 5, dice:

El Estado tiene la obligación de asegurar el suministro de energía eléctrica al país, creando las condiciones propicias para que los agentes económicos puedan expandir la oferta de energía.

En consecuencia, podrá intervenir directamente o a través de empresas estatales, cuando no existan agentes económicos interesados en desarrollar los proyectos requeridos.

Actualmente la empresa DOSA (Dirección de Operación de Sistemas Aislados) presta el servicio eléctrico en las regiones de la Costa del Caribe, y, en consecuencia, esta empresa podría encargarse del mantenimiento de estos sistemas. El cobro de una tarifa permitirá el auto sostenimiento del sistema una vez realizada la inversión inicial.

C. Presupuesto

A continuación, se detalla un resumen de los costos aproximados de cada sistema propuesto. se encuentra una matriz de descripción de equipos y cantidad de equipos para cada sistema de generación fotovoltaica individual.

Adicionalmente a la inversión en los equipos de los sistemas fotovoltaicos individuales, se incluyen los siguientes costos:

- Instalación SFV: Comprenden los costos por sistema para la instalación y puesta en marcha de los sistemas fotovoltaicos.
- Recepción SFV: Comprenden los costos de recepción de los sistemas fotovoltaicos puestos en operación por parte de la empresa que va a brindar el servicio de energía eléctrica a las comunidades. Se incluyen los costos de combustible acuático y terrestre a las comunidades, además de los viáticos de los técnicos.
- Transporte SFV: Comprenden los costos en que incurre la empresa que va a instalar los sistemas fotovoltaicos desde Managua a las comunidades. Se incluyen costos de combustible terrestre y acuático.
- Instalación interna SFV: Comprenden los costos de las instalaciones internas de las viviendas beneficiadas con el servicio de energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos individuales.

Costos de mantenimiento.

Para el mantenimiento anual de los sistemas fotovoltaicos se considera en la evaluación financiera un 2 % de falla de los equipos sobre la inversión inicial. Adicionalmente para garantizar la continuidad del servicio se debe de considerar las reposiciones de los equipos de acuerdo a su vida útil en todo el horizonte de evaluación del proyecto.

Resumen de la inversión requerida para el proyecto, del total de la inversión se pretende que el gobierno aporte el 14%.

PROYECTO ELECTRIFICACION FOTOVOLTAICO WASPAN		
<u>INVERSION REQUERIDA</u>	Categoria	32.8
Material es , mano de obra y transporte	TDF1	\$ 137,048.00
Material es ,Mano de obra y transporte	TDF2	\$ 378,181.00
		\$ -
Sub Total		\$ -
Impuesto alcaldias (1%)		\$ -
Impuesto IVA (15%)		\$ -
Total inversión		\$ 515,229.00
<u>INGRESOS VENTA DE ENERGIA</u>		
Total Usuario	465	
TDF1	148	1%
TDF2	317	1%
Venta Kwh/año TDF1/Año	273.75	7%
Venta Kwh/año TDF2/Año	365	7%
Tarifa TDF1	0.217	
Tarifa TDF2	0.244	
Aporte estatal por familia	155.1227097	
Aporte estatal	14.00%	
Prestamo	86.00%	
Vida util (años)	25	
<u>GASTOS</u>		
Compra de Energia	\$/kwh	
Gastos de Oper. Y Mant.		2%
<u>Depreciación</u>	30	17174.3
Valor residual en el año 25		\$ 85,871.50
Impuesto sobre la renta (30%)		
Impuesto Municipal (1%)		
Tasa de descuento	12%	

Costos según la clasificación por costo de los sistemas propuestos

Costos Unitarios por sistemas propuestos USD		
Categoria	TDF1	TDF2
potencia	150	200
modulos	375	500
estructuras de soporte	25	35
regulador de carga	45	55
bateria solar 12 Vcc	130	195
Cableado	27	36
Accesorios	23	30
Inversor Equipo	35	40
Instalacion SFV	122	148
Recepcion SFV	4	4
Trnasporte	67	67
Instalacion interna	73	83
Total en US\$	926.00	1193.00

Además, se contempla un prestado del 86% de monto total de la inversión a pagarse en 5 años.

AMORTIZACION POR MEDIO DE CUOTA NIVELADA			
			5
			15%
			\$ 443,096.94
Año	Abono	Interes	Saldo
0			C\$ 443,096.94
1	\$65,718.17	C\$ 66,464.54	\$ 377,378.77
2	\$75,575.89	C\$ 56,606.82	\$ 301,802.88
3	\$86,912.28	C\$ 45,270.43	\$ 214,890.60
4	\$99,949.12	C\$ 32,233.59	\$ 114,941.49
5	\$114,941.49	C\$ 17,241.22	\$ (0.00)

Nota: Se propone que el mantenimiento sea administrado por el estado , a través de ENEL ya que disponen del personal calificado.

D. Evaluación financiera del proyecto

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO (CON FINANCIAMIENTO)							
CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20	Año 25
Ingresos Venta de energia		37,023.78	50,501.15	74,443.55	109,736.93	161,762.77	238,453.85
Kwh Vendidos TDF1		40,515.00	55,263.25	81,463.34	120,084.78	177,016.49	260,939.29
Kwh Vendidos TDF2		115,705.00	157,823.89	232,647.55	342,944.82	505,533.58	745,205.00
Tarifa TDF1	US\$/Kwh	0.2170	0.2170	0.2170	0.2170	0.2170	0.2170
Tarifa TDF2	US\$/Kwh	0.2440	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244
TDF1		148	154	162	170	179	188
TDF2		317	330	347	364	383	403
Venta Kwh/Cte Resid/Año		273.75	358.83	503.28	705.87	990.02	1,388.56
Venta Kwh/Cte No Resid/Año		365.00	478.44	671.04	941.16	1,320.03	1,851.41
INGRESOS TOTALES	0.00	37,023.78	50,501.15	74,443.55	109,736.93	161,762.77	238,453.85
EGRESOS TOTALES	443,096.94	10,304.58	10,304.58	10,304.58	10,304.58	10,304.58	10,304.58
Inversión Total	515,229.00						
Aporte estatal	72,132.06						
Prestamo	443,096.94						
Inversion/Usuario Resid.		1108.02	1064.78	1013.11	963.94	917.15	872.64
IT/CR		3.5929	4.9008	7.2243	10.6493	15.6981	23.1406
Gastos Totales		10,304.58	10,304.58	10,304.58	10,304.58	10,304.58	10,304.58
Compra de Energia	US\$						
Kwh a Comprar (incl pérdidas)							
Gastos de Oper. Y Mant.	US\$	10,304.58	10,304.58	10,304.58	10,304.58	10,304.58	10,304.58
Comercialización							
UTILIDAD DE OPERACION		26,719.20	40,196.57	64,138.97	99,432.35	151,458.19	228,149.27
Amortización							
Interes		66464.541	17241.22284				
UTILIDAD ANTES DEL IR		-39,745.35	22,955.35	64,138.97	99,432.35	151,458.19	228,149.27
Impuestos							
Impuestos sobre la renta (30%)							
Impuesto Municipal (1%)							
Valor de recuperación de Activos							85871.50
Inversion	443,096.94						
Abono al rpincipal		65718.16745	114941.4856				
prestamo	443,096.94						
Flujo Neto	0.00	-105,463.51	-91,986.13	64,138.97	99,432.35	151,458.19	314,020.77
Tasa de Descuento (%)	12%						
Valor Actual Neto	VAN	\$4,107.84					
Tasa interna de Retorno	TIR	12%					

Los resultados de la evaluación arrojan los siguientes valores

Tasa de Descuento (%)	12%					
Valor Actual Neto	VAN	\$4,107.84	El proyecto es rentable por dar la VAN positiva.			
Tasa interna de Retorno	TIR	12%	Al igual la tasa interna es igual o mayor que la tasa de descuento, por lo que el proyecto se acepta.			

El resultado anterior indica que económicamente el proyecto es ampliamente atractivo y resulta muy beneficioso para la economía nacional, por consiguiente, conviene realizarse.

En conclusión, con los parámetros originales presentados para este análisis (tasa de descuento, costos de inversión, etc.) la evaluación financiera da resultados viables para la toma de decisión sobre la ejecución de este tipo de proyecto. El valor del VANE es positivo, la TIRE mayor que la tasa de descuento.

Tomando en cuenta lo antes expuesto se concluye que bajo estos parámetros el proyecto es económicamente factible.

IX. Estudio de impacto ambiental

Situación Ambiental del Área de Influencia (Línea de Base Ambiental)

1. Definición del área de influencia

El Proyecto se ubica en el municipio de Waspam (RAAN), uno de los más grandes del país, que parte entonces nuestra área de influencia estará definida de la siguiente manera:

Área directamente afectada por el proyecto: El municipio de Waspam, la cabecera municipal está ubicada a 632 km de la ciudad de Managua y a 138 km de Bilwi en Puerto Cabezas, cabecera Regional de la Región Autónoma del Atlántico Norte. Las distintas soluciones tecnológicas para su electrificación lo determinan, fundamentalmente, las condiciones de acceso a las comunidades. Cuando las condiciones de acceso son complicadas, porque están muy alejadas o porque no es posible acceder por vía terrestre, las soluciones que se adaptan se circunscriben a pequeñas redes aisladas con generación de reducida escala o generación individual basada en energías solar o eólica.

Área de influencia directa del proyecto: Las 6 comunidades que cuentan con la única opción inmediata de electrificación por medio de sistemas fotovoltaicos. Estas se localizan en la ribera sur del Río Coco, aguas bajo de la cabecera municipal de Waspam.

Área de influencia indirecta del proyecto:

Las comunidades a ser beneficiadas con la electrificación por medio de paneles fotovoltaicos, tal cual se ha señalado previamente, son comunidades con vías de acceso limitadas a medios acuáticos.

Determinación de la línea de base

Los sistemas fotovoltaicos y su principal influencia en los factores ambientales se perciben de la siguiente forma:

- Al ser sistemas que no requieren de un proceso de combustión en la generación de energía no son productores de gases que favorezcan el efecto invernadero y contribuyan al cambio climático.
- Los elementos de los sistemas modulares se fabrican con componentes derivados de materiales naturales, tal es el caso de las células fotovoltaicas que se producen con silicio, este componente se encuentra en grandes volúmenes a nivel mundial por lo cual la fabricación de ese elemento del sistema no genera un alto impacto litológico, topográfico o estructural a los suelos.
- Debido a que estos sistemas no requieren alteración morfológica de las capas superiores de vegetación y suelo no se produce un impacto erosivo en el mismo, tampoco se presenta gran incidencia físico-química por la falta de generación de productos o líquidos de desecho que puedan ser vertidos en el suelo inmediato y que por consecuencia puedan llegar incluso a contaminar vertientes de agua superficiales o subterráneas inmediatas a los sitios de instalación y operatividad de los sistemas fotovoltaicos.
- La repercusión sobre la flora y fauna es casi inexistente, su mayor impacto puede estar en el mal manejo y descuido en las condiciones del cableado que son parte del sistema y que pueda en cierto punto afectar por contacto a algún animal silvestre.
- Al contrario de otras alternativas implementadas en sitios aislados, tal como las plantas individuales, los sistemas fotovoltaicos son absolutamente silenciosos de forma tal que su funcionamiento pasa inadvertido sonoramente a los usuarios.

2. Los factores del medio para la metodología de Milán

COMPONENTES DE LA LINEA BASE AMBIENTAL		
CATEGORIA	COMPONENTE AMBIENTAL	VARIABLES
I. ESTUDIO DEL MEDIO FISICO	CLIMA	Temperatura , La temperatura de la zona va desde los 20 grados hasta los 26 grados centígrados.
		Precipitación , La precipitación pluvial promedio de la Zona del proyecto varía entre 2400mm cúbicos y 2600 mm al año.
		Humedad , La Humedad Relativa es de 84%.
		Viento , La velocidad del viento de la zona es de 35 a 60 km/h.
		Clasificación climática , Es de clima Monzónica.
	CALIDAD DEL AIRE	Fuentes principales de emisión , En la zona de estudio las emisiones de gases son mínimas, y solo se toman en cuenta las producidas por motobombas a base de diesel para el riego. Sin embargo este uso es mínimo. También se toman en cuenta las emisiones por quema de leña utilizados en cocinas tradicionales. Es decir no existe mucha incidencia perjudicial del aire.
		Estudio del ruido , Se estima entre 30 y 35 dB.
		Capacidad agraria , La capacidad agraria es muy buena con tierras óptimas para el cultivo de granos básicos, vegetales y pastos.
		Erosión , El suelo es semi duro con pendientes moderadas. Por lo que este factor no es determinante.
	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGIA	La morfología del territorio : Se pueden distinguir los siguientes tipos de geofomas: montañas, fondos de valle, terrazas y mesetas. La extensión a lo largo del proyecto es una trocha veranera a orilla del camino con ciertas pendientes.
	SUELOS	La capacidad agroológica : El terreno se adapta a nuevos cultivos de la zona.
		Capacidad Agraria : La comunidad es totalmente agrícola
	PAISAJE	La visibilidad : La altitud de la zona varia entre 550 msnm a 1500 msnm, posee una vegetación muy densa
		La calidad paisajística : El paisaje natural es hermoso con árboles y ríos, desde los cerros cercanos se puede apreciar todo el entorno.
		La fragilidad : El paisaje presenta una fragilidad alta, el proyecto cambiara moderadamente el paisaje.
II. ESTUDIO DE LA BIOTA	VEGETACION	El recorrido del Proyecto , específicamente el recorrido de las líneas de transmisión eléctrica se encuentra en una trocha veranera rodeada de árboles y plantas
	FAUNA	La fauna se encuentra relacionada con la flora, se encuentra una variedad de aves, monos etc. En los árboles yacen su hábitat.
	ANÁLISIS DEL ASENTAMIENTO	Densidad de población : La Densidad poblacional de la comunidad es muy baja.
		Movilidad de la población : La mayoría se movilizan hacia los cultivos para empezar una nueva jornada laboral.
		Nivel educacional : El nivel de educación máximo es el Básico.
	TRANSPORTE	El transporte es en mula, caballos. Las vías de accesos son caminos deteriorados.
	ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	No cuentan con los servicios de agua potable, por lo tanto toman agua de pozos y el río.
	HABITAT	El uso del suelo : La actividad Agroindustrial.

COMPONENTES DE LA LINEA BASE AMBIENTAL		
CATEGORIA	COMPONENTE AMBIENTAL	VARIABLES
III. ESTUDIO DEL MEDIO SOCIOECONOMICO Y CULTURAL		La intensidad de uso del suelo: La mayor parte de las tierras se encuentran cubiertas por pastos y la otra parte esta destinada a la agricultura y ganadería.
		El grado de ocupación de las viviendas: Las viviendas se encuentran dentro de las plantaciones.
		Redes técnicas, las soluciones de circulación peatonal: Carece de Servicios públicos y básicos.
	CENTROS	Cuenta con una casa Comunal
	ESPACIOS PUBLICOS	Cuenta con un pequeño Mercado
	PAISAJE URBANO	Los principales problemas identificados en la imagen urbana del área de estudio son: <ul style="list-style-type: none"> Calles de tierra que se deterioran al no darles mantenimiento.. Mal estado de algunas viviendas de la comunidad.
	EQUIPAMIENTOS DE SERVICIOS	No existe ningún tipo de servicio
	SALUD	Dentro del área de influencia analizada no se localiza ningún tipo de equipamiento de salud pública o privada, pero en la casa comunal existe un puesto de salud informal.
	CALIDAD DE VIDA	Impactos Fisiológicos: La población tiene problemas de enfermedades de origen hídrico.
		Impactos Espacio – Fisiológicos: Existe inestabilidad económica y falta de viviendas dignas.
		No existen áreas de recreación Dependencia Ecológico Ambiental Existe un potencial de generación de empleo en los ecosistemas
	FACTORES SOCIOCULTURALES	Terminando su jornada laboral regresan a su vivienda y se duermen temprano, los niños trabajan.
	ECONOMIA	Especialización rama territorial: Matagalpa es de origen productivo, la ganadería y la agricultura prevalecen en el sector.
		Cercanía a las fuentes de materia prima: Los insumos para la producción agroindustrial son traídos de la capital.
		Disponibilidad de mano de obra y su calificación técnica: La mayoría de los campesinos se dedican a la agricultura de manera empírica.
		Disponibilidad de infraestructuras técnicas: No existe ninguna.
		Disponibilidad de agua: El agua utilizada es de pozos y ríos.
		Estructuras y factores de producción de la actividad agrícola: Existen una gran cantidad de explotaciones agropecuarias.
		Actividad ganadera. Este sector representa una importante actividad en la economía de la comunidad.
		Análisis de la actividad forestal. Los campesinos realizan tala de árboles para leña.
	FUENTES ENERGETICAS	Actualmente utilizan como insumo para la producción energías a base de combustibles: Diesel, Gas y Kerosene.
	DIVISION POLITICA ADMINISTRATIVA	El área de influencia pertenece a Río Blanco Departamento de Matagalpa.

3. Análisis de la matriz de valoración de impactos negativos

[illegible]

4. Análisis de la matriz de importancia de impactos negativos

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO WASPAN												
MATRIZ IMPORTANCIA DE IMPACTOS NEGATIVOS											M003	
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		M000										
		ETAPA: CONSTRUCCIÓN										
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO										
		contruccion de losa para soporte	Armado de las estructuras de soporte	instalacion de panles solares	Instalació n de Cableado y equipos	Instalació n de Tendido electrico	Instalación de Acometidas Interna			Valor de la Alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de Alteración
FACTOR	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8			
MICRO CLIMA	M1									0	0	###
CALIDAD DEL AIRE	M2									0	0	###
SONIDO DE BASE	M3									0	0	###
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4									0	0	###
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5									0	0	###
SUELO	M6	18								18	100	18
VEGETACION	M7									0	0	###
FAUNA	M8		16			20				36	200	18
PAISAJE NATURAL	M9			19		15				34	200	17
RELACIONES ECOLÓGICAS	M10									0	0	###
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11									0	0	###
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12									0	0	###
ACUEDUCTO	M13									0	0	###
ALCANTARILLADO	M14									0	0	###
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15									0	0	###
HABITAT HUMANO	M16									0	0	###
ESPACIOS PUBLICOS	M17									0	0	###
PAISAJE URBANO	M18									0	0	###
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19									0	0	###
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20									0	0	###
SALUD	M21									0	0	###
CALIDAD DE VIDA	M22									0	0	###
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23									0	0	###
VULNERABILIDAD	M24									0	0	###
ECONOMIA	M25									0	0	###
RELACIONES DEPENDENCIA	M26									0	0	###
FUENTES ENERGETICAS	M27									0	0	###
Valor Medio de Importancia		17.60										
Dispersión Típica		2.07										
Rango de Discriminación		16							20			
Valor de la Alteración		18	16	19	0	35	0	0	0	88		
Máximo Valor de Alteración		400	100	100	200	200	200	100	100		500	
Grado de Alteración		5	16	19	0	18	0	0	0			18
En el caso de los negativos												
Valor por encima del rango		31-100	IMPACTOS CRITICOS									
		30	MODERADO CON TENDENCIA A CRITICO									
Valor dentro del rango		18-30	IMPACTOS MODERADOS									
Valor por debajo del rango		5-17	IMPACTOS IRRELEVANTES									

Análisis del impacto ambiental

Durante la implantación de los sistemas en las comunidades no se produce mayor impacto que un ligero cambio en la concepción social.

- En su periodo de vida útil, los sistemas fotovoltaicos se encuentran en un rango de 25 años, sin embargo, esto incluye cambio de algunos de sus componentes generando desechos que si ameritan medidas de control al momento de su deposición.
- Se producen cambios de elementos del sistema tales como la batería, los controladores e inversores, en algunos casos por el mismo material de la soportaría y las condiciones del sitio, así como los riesgos a los que se expone se deberán cambiar piezas de la estructura de igual forma.
- En el caso de las baterías son los componentes de mayor riesgo al momento de ser desechados por los elementos químicos que pueden ser altamente tóxicos al medio y a las personas .

X. Conclusiones

Se logro realizar el cálculo de la demanda en Kwh del sistema fotovoltaico a implementar según proyección, tomando en cuenta la capacidad de pago de las familias de las comunidades del cual resultaron dos sistemas propuestos.

Se presento la propuesta de los planos de los sistemas fotovoltaicos según su respectivo dimensionamiento.

Se realizo el estudio técnico y financiero que nos permitió obtener indicadores de rentabilidad como la VAN y la TIR del proyecto para analizar su viabilidad.

El resultado de dichos indicadores indica que económicamente el proyecto es ampliamente atractivo y resulta muy beneficioso para la economía nacional, por consiguiente, conviene realizarse.

En conclusión, con los parámetros originales presentados para este análisis (tasa de descuento, costos de inversión, etc.) la evaluación financiera da resultados viables para la toma de decisión sobre la ejecución de este tipo de proyecto. El valor del VANE es positivo, la TIRE mayor que la tasa de descuento.

Tomando en cuenta lo antes expuesto se concluye que bajo estos parámetros el proyecto es económicamente factible.

Por último, según se logró el estudio de impacto ambiental mediante la metodología de MILAN, utilizando la matriz de impactos negativos, donde los resultados son impactos moderados e irrelevantes.

XI. Bibliografía

1. Project Management Institute (PMI). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos PMBOK. 4ta Edición .
2. Sapag Chain Nassir y Reinaldo (1989). Preparación y Evaluación de Proyectos 2da Edición. Editorial, MCGRAW HILL Interamericana de México, S.A. de C.V
3. Miranda J (1999). Gestión de Proyectos, Identificación, formulación y evaluación. Cuarta edición. MM Editores. Bogotá.
4. Chávez J. (2007), Ficha técnica sistemas fotovoltaicos. Soluciones prácticas. [Documento en línea]. Disponible en:
<http://200.58.116.89/fichastecnicas/pdf/sistemasfotovoltaicos.pdf>
5. Héctor Gasquet (2004). Manual teórico y práctico sobre los sistemas fotovoltaicos. SOLARTRONIC S.A de CV. Morelos México,
6. Méndez M. J. María y Cuervo G. R. (2007). Energía Solar Fotovoltaica. 3ra Edición. ECA Instituto de Tecnología y Formación S.A.U. España
7. Roberto Hernández Sampieri. Metodología de la Investigación. Editorial, MCGRAW HILL.
8. Estudio y Mapeo solar realizado bajo la coordinación del Instituto Nicaragüense de Energía (INE) a través del proyecto de investigación “Mapeo Solar en Nicaragua” en conjunto con la fundación sueca Swedish Agency for Research-Cooperation with Developing Countries (SAREC) y el Swedish Meteorologic and Hydrolic Institute (S.M.H.I).
9. Asamblea de la república de nicaragua. **LEY DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA, Aprobada** el 18 marzo 1998, Publicado en La Gaceta No. 74 del 23 abril 1998.

XII. Anexos

A. DATOS DE ELECTRIFICACION DE LA COMUNIDAD

Estado de electrificación:		→	¿Quién brinda el servicio eléctrico en su comunidad?
Electrificada			
No electrificada			
Parcialmente electrificada			

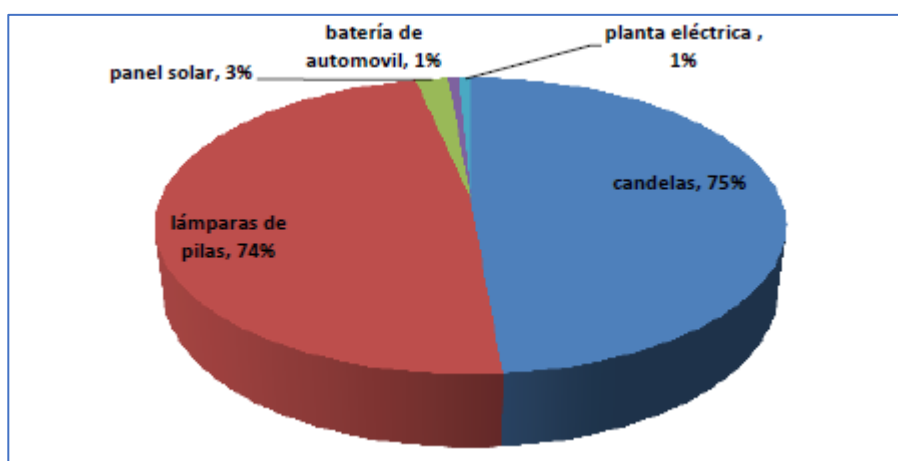
Sistema de electrificación:		→	¿Cuál es la tarifa por el servicio eléctrico mensual?
SIN			
Planta aislada diesel			
Planta aislada gas			
Sistema fotovoltaico			
Pequeña concesionaria			
Otro			

¿Cuáles son los factores que han influido para que su comunidad no cuente aún con el servicio eléctrico?	
Vías de acceso	
Viviendas dispersas	
Alcance de extensión de red	
Recurso económico disponible	
Falta de gestión	
Falta de mantenimiento de medios de electrificación previos	

B. Resultados de parte de las encuestas

Medios alternativos de iluminación

El medio alternativo de iluminación que más predomina actualmente en estas comunidades es, candelas, seguido de lámparas de pilas. En la figura se muestra a nivel general el porcentaje de cada uno de los medios utilizados por estas comunidades.



Capacidad de pago

De las encuestas realizadas se tomó el dato del gasto mensual por iluminación que realizan las viviendas encuestadas. Este dato reflejó tres tipos de variaciones las cuales se tomaron como los rangos para cada tarifa domiciliar, esto es, los usuarios que pueden pagar entre 1 y 100 córdobas, los usuarios que pueden pagar entre 101 y 200 córdobas, y los que pueden pagar de 201 córdobas a 300 córdobas

La capacidad de pago se obtuvo por porcentaje. Para cada comunidad encuestada se realizó lo siguiente:

- Se tomó la cantidad de viviendas por cada rango y se dividió entre el total de encuestas realizadas para cada comunidad.

-
- De lo anterior se obtuvo un porcentaje para cada rango, el cual se multiplico por el total de viviendas de cada comunidad, para obtener la cantidad de usuarios con capacidad de pago para los tres tipos de rangos que se tienen.

